

поглибленню структурних зрушень в базових галузях, вирішують соціальні і екологічні задачі.

У зв'язку з цим вказані вище процеси відображають загальні **закономірності** структурних галузевих змін, які визначають послідовний перехід економічної системи з високою питомою вагою сировинних, здобуваючих капітало- і матеріалоємних галузей до більш прогресивних і динамічних наукоємних галузей і процесів виробництва.

Подібні зміни в галузевих **пріоритетах** розвитку в економіці характерні, як правило, для країн з розвинутою ринковою економікою. Можливо припустити, що така тенденція структурної перебудови галузей для провідних економічно розвинутих країн збережеться і в тривалій перспективі. Однак, при цьому необхідно враховувати той факт, що структурна перебудова галузей України буде **ДОСИТЬ** тривалою за часом, оскільки частка здобуваючих, матеріалоємних галузей промисловості в наступний період достатньо велика і перевищує абсолютний показник для таких країн, як США, Франція, Великобританія в 1,5 - 1,6 рази, а для Японії і Німеччини – в 1,3 рази.

Висновки. В сучасних умовах глобалізації економічний механізм розвинутих країн переживає перехід від індустріального до постіндустріального розвитку типу виробництва; однак постіндустріальне виробництво обов'язково потребує такої галузевої реструктуризації, яка базується тільки на інноваційних процесах. Тому головним елементом такого стратегічного напрямку повинна бути загальнонаціональна система ресурсозбереження, яка включає взаємопов'язані програми економії усіх видів ресурсів, особливо конкурентних і, насамперед, енергетичних. В цьому випадку скоректована програма енергозбереження, при розумному регулюванні цінової політики з боку держави, буде стимулювати, на наш погляд, весь процес економії найбільш енергоємних вихідних матеріальних ресурсів при виробництві товарів, послуг. Наприклад, чорних та кольорових металів. Окрім того рішення вказаної задачі «автоматично» буде призводити до зниження трудових витрат при їх виробництві.

Список літератури: 1. Теория и практика антикризисного управления / под ред. С.Г. Беляева, В.И. Кошкина. – М.: «Закон и право», 1996. – 412 с. 2. Економічні та соціальні напрямки комплексної реструктуризації промисловості України: Наукова доповідь. - Донецьк: ІЕП НАН України, 1998. – 145 с. 3. Коломойцев В. Структурна трансформація промислового комплексу України. – К.: Укр. енциклопедія, 1997. – 300 с. 4. Біла С. Державне регулювання фінансування структурної трансформації економіки України // Вісник Української Академії державного управління. – 2003. - № 3. – С. 202-211. 5. Гольдштейн Г.Я. Стратегический инновационный менеджмент: тенденции, технологии, практика: Монография. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2002. – 179 с.

Поступила в редколлегию 15.05.2008

УДК621.438-719.002.1

*В.Е. СПИЦЫН, А.А. ФИЛОНЕНКО, Ю.Я. ДАШЕВСКИЙ,
Д.Н. ПИСЬМЕННЫЙ*

СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВНОГО ДВИГАТЕЛЯ ГТД-45/60

This report reviews the main features of the cooling system for the GTD-45/60 gas turbine. Main design decisions, which provide available temperatures of the units being cooled, are shown in the schemes.

В ГП НПКГ «Зоря»-«Машпроект» завершено проектирование и идет изготовление нового базового двигателя ГТД-45/60. Двигатель одновальный, предназначен для работы в составе комбинированной парогазотурбинной энергетической установки (ПГУ), но может быть использован и для работы в чисто газотурбинной установке (ГТУ). Передача мощности от вала ГТД к электрогенератору осуществляется через редуктор. Одной из основных конструктивных особенностей двигателя является возможность его использования с высокими теплотехническими показателями в двух вариантах: при номинальной мощности 45МВт (ГТД-45) и 60МВт (ГТД-60А).

При разработке двигателя и выборе его основных параметров ставилась задача максимально удешевить и упростить его конструкцию, обеспечив при этом высокий уровень экономичности. При разработке двигателя ГТД-45/60 был учтен опыт проектирования и доводки однокасадного двигателя ГТД-110, номинальной мощностью 110 МВт.

Несмотря на достаточно высокие температуры газа в проточной части турбины, с целью удешевления двигателя и ускорения его доводки, все лопаточные аппараты изготавливаются из освоенных на нашем предприятии коррозионно-стойких никелевых сплавов с высоким содержанием хрома, а диски компрессора и турбины – из высоколегированных сталей, также применяемых на нашем предприятии.

Это обусловило и ряд особенностей системы охлаждения двигателя, в частности, в четырехступенчатой турбине потребовалось охлаждение сопловых и рабочих лопаток первой, второй и третьей ступеней, деталей ротора и статора всех ступеней, а также охлаждение последних ступеней ротора компрессора. Для обеспечения допустимых температур деталей ротора турбины, прежде всего, диска первой ступени, уменьшения количества охлаждающего воздуха и реализации в рабочих лопатках первой ступени чисто конвективного охлаждения, в системе охлаждения двигателя ГТД-45/60 применяется водяной воздухоохладитель, в котором температура воздуха из-за компрессора, подающегося на охлаждение, снижается до 200°C. В настоящее время применение воздухоохладителей можно считать

традиционным для стационарных ГТД большой мощности таких фирм, как "Вестингауз", "Мицубиси" и других. Применяется воздухоохладитель и в конструкции двигателя ГТД-110.

Система охлаждения двигателя ГТД-45/60 – чисто воздушная. Конструктивная схема системы охлаждения турбинной части с основными потоками охлаждающего воздуха приведена на рис. 1.

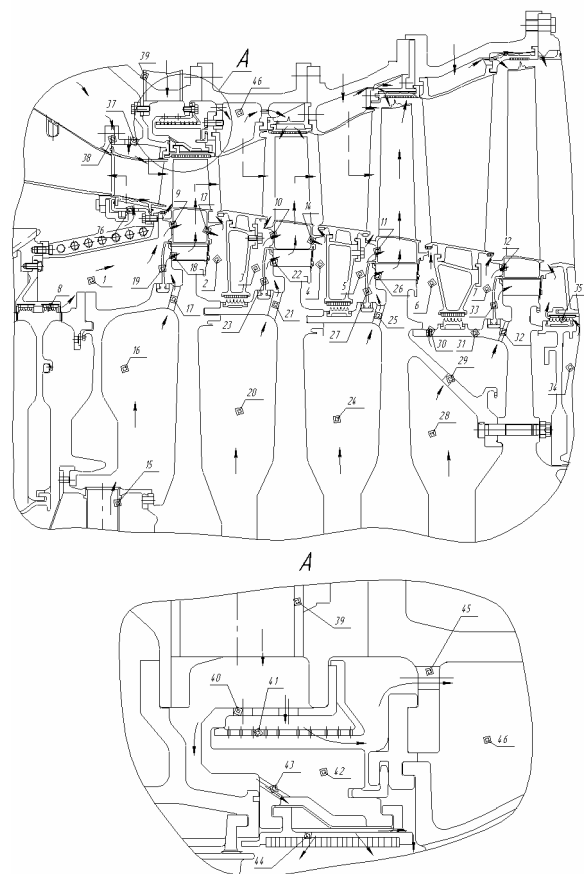


Рис. 1.

Как видно из рисунка, рабочие лопатки всех ступеней имеют удлиненные ножки. Это позволяет уменьшить диаметры дисков турбины, а также обеспечить более глубокое охлаждение замковых соединений дисков при минимальных расходах охлаждающего воздуха. Кроме того, все

периферийные околodисковые полости 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 заполняются охлаждающим воздухом. В полость 1 поступает воздух, перетекающий из-за компрессора через двойное лабиринтное уплотнение 8. Для исключения подтечек газа в полости ножек лопаток предусмотрены подводы воздуха через пазы 9, 10, 11, 12. Пазы 13 и 14 предназначены для переброски охлаждающего воздуха, соответственно, в полости 2 и 4.

На охлаждение рабочих лопаток и диска первой ступени воздух подается по радиальным трубкам 15 через полость 16, отверстия в диске 17 и отверстия в замках лопаток 18. Полость подвода воздуха в рабочие лопатки отделена от всего газозвушного тракта сегментными экранами 19.

Схема течения охлаждающего воздуха в рабочей лопатке первой ступени показана на рис. 2.

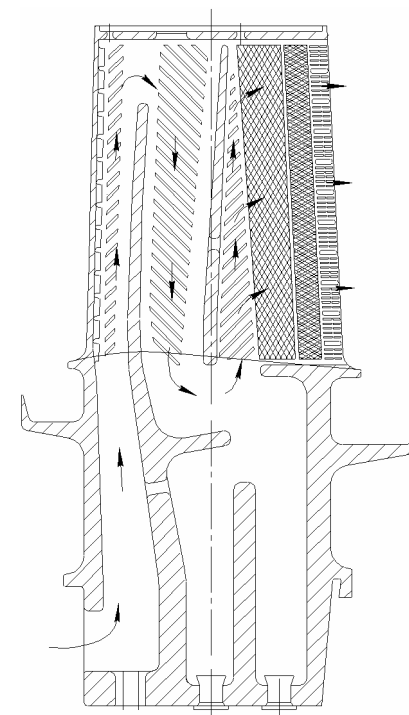


Рис. 2.

Рабочая лопатка первой ступени имеет конвективное охлаждение с петлевой схемой течения охлаждающего воздуха. Пленочное охлаждение в этой лопатке не применяется, поскольку требуемая глубина охлаждения была достигнута за счёт использования воздуха после охладителя.

Для снижения температуры металла выполнены рёбра-турбулизаторы квадратного сечения, которые выполняются под углом к направлению движения воздуха в охлаждающих каналах лопатки.

Оребрение внутренней полости вблизи выходной кромки состоит из двух участков вихревой матрицы, различающихся по углам скрещивания и геометрическим размерам рёбер. Выпуск охлаждающего воздуха производится в оребрённую щель в выходной кромке. На охлаждение профильных частей рабочих лопаток первой ступени используется примерно 2,0% воздуха от физического расхода воздуха на входе в компрессор ($G_{\text{вх.к}}$).

Для охлаждения диска и рабочих лопаток второй ступени используется воздух из-за 11 ступени компрессора и поступает на охлаждение лопаток из полости 20 через отверстия 21 и 22. Как и в первой ступени, полость подвода воздуха в рабочие лопатки отделена от газозвушного тракта экранами 23. Схема течения охлаждающего воздуха в рабочей лопатке второй ступени подобна первой ступени. Расход воздуха на охлаждение этих лопаток – 1,3 % от $G_{\text{вх.к}}$.

Охлаждение дисков последних ступеней компрессора, дисков третьей и четвёртой ступеней турбины, а также рабочих лопаток третьей ступени осуществляется воздухом из-за 8-й ступени компрессора, отбираемым через ротор.

На охлаждение рабочих лопаток и диска третьей ступени этот воздух подводится из полости 24, отверстия 25, 26, а экранами 27 отделяется от остальных полостей (рис. 1).

Схема течения воздуха во внутренней полости рабочих лопаток третьей ступени показана на (рис. 3). Весь охлаждающий воздух проходит через два радиальных канала, разделённых ребром-перегородкой, и выпускается в проточную часть через канал сложной формы в бандажной полке. В радиальном канале со стороны входной кромки для интенсификации теплообмена имеются рёбра-турбулизаторы.

На охлаждение дисков третьей и четвёртой ступеней воздух подаётся также из полости 28 через систему отверстий 29, 30, 31 (рис. 1). Через отверстия 32 и полость, отделённую экранами 33 воздух подаётся на охлаждение замковых соединений четвёртой ступени. Диск четвёртой ступени охлаждается также воздухом, перетекающим из разгрузочной полости 34 и лабиринт 35.

На охлаждение соплового аппарата первой ступени используется воздух из-за компрессора. Сопловые лопатки первой ступени двухполостные, с конвективно-плёночной системой охлаждения. В переднюю полость воздух отбирается через отверстия 36, в заднюю - через отверстия 37 и пазы 38 (рис. 1).

Среднее сечение сопловой лопатки первой ступени показано на рис. 4. В районе входной кромки выполнено, в общей сложности, 7 рядов отверстий

плёночного охлаждения. В передней полости со стороны как спинки, так и корыта установлены пластины с отверстиями струйного обдува стенок лопатки с внутренней стороны. Весь воздух из передней полости после этого выпускается через отверстия плёночного охлаждения на поверхность лопатки.

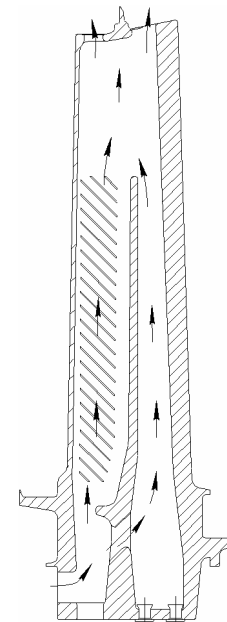


Рис. 3.

В задней полости лопатки установлен дефлектор, между оболочкой лопатки и дефлектором имеются продольные рёбра. За дефлектором внутренняя полость лопатки выполнена в виде участков вихревых матриц. Выпуск воздуха из задней полости осуществляется через выходную щель. На охлаждение этих лопаток используется примерно 3,5% воздуха от $G_{\text{вх.к}}$.

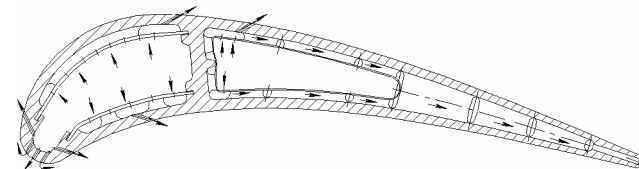


Рис. 4.

Корпусные детали соплового аппарата первой ступени охлаждаются только воздухом, поступающим на охлаждение сопловых лопаток.

Охлаждение сопловых лопаток и корпусных деталей второй ступени и надроторного кольца первой ступени осуществляется воздухом после охладителя. Весь этот воздух подаётся по наружным трубам 39, (рис. 1, элемент А), а затем через отверстия 40 и 41 подаётся на обдув надроторного кольца 42. Небольшая часть этого воздуха через отверстия 43 поступает на уплотнение зазора между кольцом 42 и вставками 44. Остальной воздух после охлаждения надроторного кольца через отверстия 45 перепускается в полость 46, из которой он поступает на охлаждение сопловых лопаток и других деталей статора второй ступени.

Необходимо отметить, что в двигателе ГТД-45/60 применено надроторное кольцо, конструктивно отличающееся от применённого на двигателях ГТД-110 и аналогичное применяемой на двигателях типа ДН80, ДН70 и хорошо себя зарекомендовавшее в течении ряда лет. Также следует отметить, что охлаждение надроторного кольца первой ступени и корпусных деталей второй ступени воздухом после охладителя необходимо для обеспечения приемлемых величин радиальных зазоров над рабочими лопатками первой и второй ступеней при малом количестве воздуха, отбираемого на охлаждение.

Сопловые лопатки второй ступени пакетной конструкции, дефлекторные с конвективной системой охлаждения. На охлаждение профильных частей этих лопаток используется около 1,3 % воздуха от $G_{вхк}$.

Для охлаждения сопловых лопаток и деталей статора третьей ступени используется воздух из-за девятой ступени компрессора, который отбирается по наружным трубам. Сопловые лопатки третьей ступени пакетной конструкции, дефлекторные с конвективной системой охлаждения. На их охлаждение используется 0,65 % воздуха от $G_{вхк}$.

Для охлаждения деталей статора четвёртой ступени используется воздух из-за шестой ступени компрессора, отбираемый по наружным трубам.

Использование для охлаждения воздуха из промежуточных ступеней компрессора позволяет обеспечить требуемую глубину охлаждения всех деталей и узлов при минимальных расходах охлаждающего воздуха.

Необходимо также отметить, что при разработке системы охлаждения двигателя ГТД-45/60 и определении температурного состояния деталей был использован опыт доводки системы охлаждения и охлаждаемых лопаток двигателя ГТД-110.

Из изложенного следует, что разработанная система охлаждения обеспечивает уровень температур, позволяющие использовать освоенные конструктивные решения и материалы. Применение эффективных методов охлаждения позволило минимизировать отборы охлаждающего воздуха и обеспечить высокие теплотехнические показатели создаваемого двигателя.

Поступила в редколлегию 15.05.2008

УДК 693.54

*Н.В. СУРДУ, А.А. ТАРЕЛИН, А.С. КОВАЛЕВ, А.В. СЛОНЕВСКАЯ,
В.В. СИБЕРНЮК*

О ПРИРОДЕ КАВИТАЦИОННЫХ ЯВЛЕНИЙ В ПРОЦЕССАХ ПОЛУЧЕНИЯ СИНТЕТИЧЕСКОГО ТОПЛИВА

The model of the mechanism of occurrence of the cavitations bubble in water systems is offered. In a basis of model is the guess of the uniform nature of the plastic derisions arising in metals and fluids. The analysis of kinetics of vaporous filling of a cavitations cavity has been executed.

В настоящее время наблюдается значительный научный и практический интерес к изучению и использованию кавитационных явлений в различных технологических процессах, направленных на разработку высокоэффективного оборудования для генерации тепла, активации физико-химических превращений при переработке углей и углеводородов в синтетическое топливо и т.п. Под кавитацией в жидкости обычно понимают явление образования заполненной паром и газом кавитационной каверны [1]. В различных источниках она называется полостью, пузырьком, пузырьком, сферой и т.п. Эти термины вполне применимы и адекватны физической сущности кавитации. Кавитация в жидкости может возникать: 1) в связи с локальным понижением давления, 2) из-за выделения энергии.

К первой группе относятся гидродинамическая (ГДК) [2] и акустическая кавитации (АК) [3], имеющие большое значение в природе. ГДК можно наблюдать в устройствах, уменьшающих давление жидкости согласно закону Бернулли, например в корабельных винтах, турбинах и насосах [4]. АК проявляется в полях подводных звуковых, ультразвуковых и ударно-волновых излучателей [5,6].

Ко второй группе относится кавитация, возникающая из-за локального нагрева жидкости при помощи лазерного или СВЧ излучения, а также в результате диэлектрического пробоя (подводный разряд). Кавитацию можно наблюдать также в следе быстрых элементарных частиц (например, протонов) - эффект, используемый в пузырьковых камерах [7].

Общую картину образования кавитационного пузырька принято представлять в следующем виде [1-4]. В фазе разрежения в жидкости образуется разрыв в виде полости, которая заполняется насыщенным паром данной жидкости. Через стены полости в нее диффундирует растворенный в жидкости газ. В фазе сжатия под действием повышенного давления и сил поверхностного натяжения полость захлопывается, а пар конденсируется на границе раздела фаз, а газ подвергается сильному адиабатическому сжатию, в результате чего давление и температура газа могут достигать значительных величин. По различным данным температура может достигать от нескольких тысяч [4] до нескольких миллионов [8] градусов К. После схлопывания полости в окружающей жидкости распространяется сферическая ударная